複合管とコンパクト・トランスを組み合わせた

那須好男



6GW8プッシュプル・パワー・アンプの製作

本機製作の動機

管球パワー・アンプ製作の動機は色々あると思いますが，一番多いのが新しく出力管を入手したからということでしょう．しかし，長い間アンプ作りを続けていると，これまで音を聴いたことがない球というものが少なくなってきます．かといって入手が難しい球を使って製作記事を発表するのはいかがなものかと思われます（これは球に限らず他の部品についても言えますが…）．最近は，密かに入手したその手の球が収納箱からあふれ出して困っています．

今回のアンプ製作のきっかけは，真空管ではなく，昨年秋アイエスオー社から発売された小形出力トランスを見たからです．同社のシングル出力トランス M-757 やインターステージ・トランス NC-14 などと同サイズで，W 56×D 50×H 81 mm と小形のプッシュプル出力トランスです．これを使ってコンパクトでスマートなパワー・アンプを作ってみようと思い立ったわけです．パワー・アンプを小形にするには真空管の球数を少なくするのが簡単です．

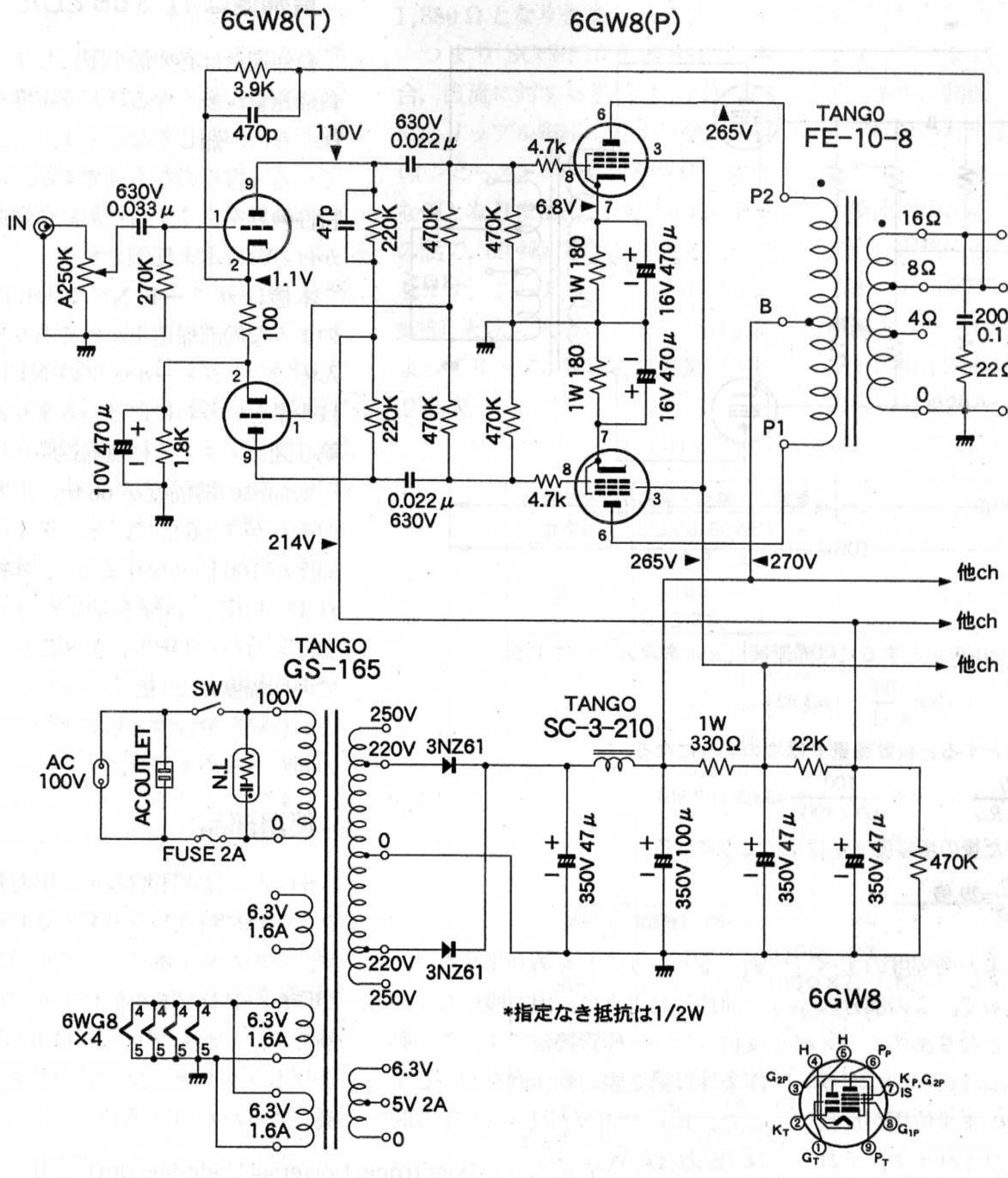
1本に同ユニットが2つ封入された出力管を使うのも一案です．6 BQ 5が2ユニット封入された6 DZ 7や双3極管6 BX 7などがありますが，6 BX 7では出力が少なめですし，6 DZ 7は入手が困難です．今回は，電圧増幅管と出力管が1本の球に封入された6 GW 8を使うことにしました．

本機はコンパクトなパワー・アンプを作るという事からスタートしましたが，完成して音を聴いてみると思っていた以上の音がします．使用部品も高価なものは使っておらず，コストパフォーマンスの高いアンプが出来たと一人悦に入っています．

6 GW 8について

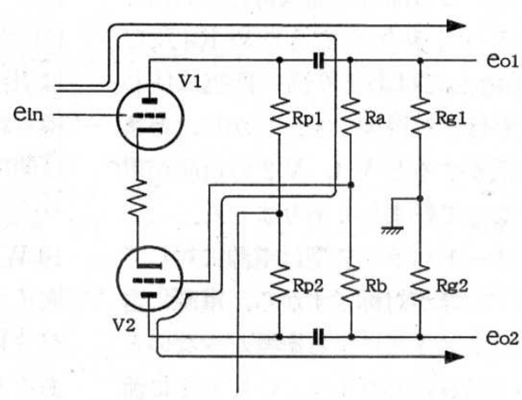
6 GW 8は米国名で，欧州名は ECL 86 となります．14 GW 8/PCL 86 とはヒータ規格が異なるだけで他は同じになっています（第1表）．似たような球に6 BM 8があり，こちらのほうがポピュラーで昔のオーディオ・アンプの出力部によく使われました．6 GW 8は6 BM 8をグレードアップした兄貴分といった球です．最大定格は，各部の電圧及び出力部のプレート損失ともに6 GW 8のほうがアップしています．そのため最大出力は，シングルでもプッシュプルでも6 BM 8より大きくなります．ただし今回は最大定格いっぱいで使っていませんので，出力は6 BM 8なみとなりました．

電圧増幅用の3極部は $E_p=250$ V/$I_p=1.2$ mA の時，電圧増幅率 $\mu=100$，プレート内部抵抗 rp＝62



〈第3図〉6GW8プッシュプル・パワー・アンプ全回路図

オートバランス型位相反転回路〈第4図〉↓

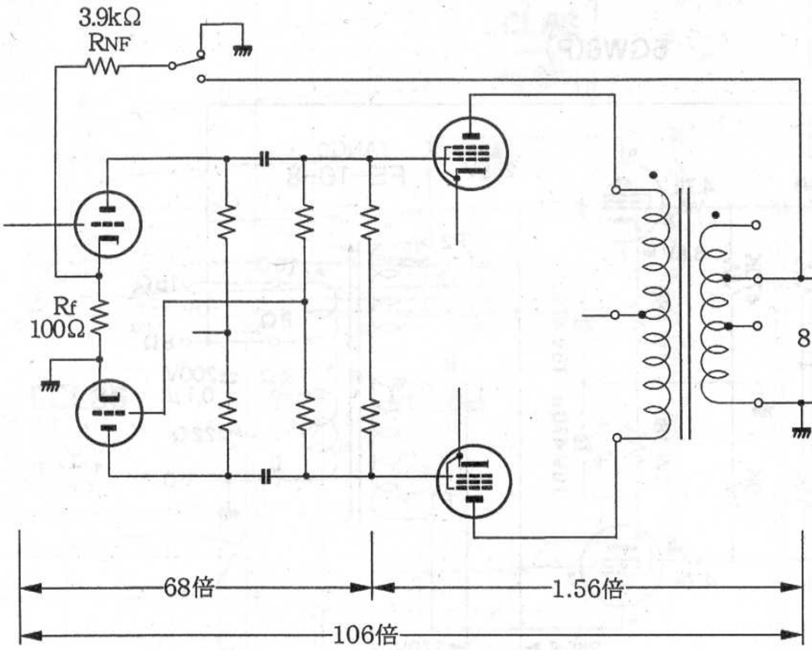


そんなことで，回路をオートバランスとし，カソードNFも止めシンプルな構成としました．

ということで，本機の全回路図は第3図のようになりました．電圧増幅・位相反転部のみを抜き出したのが第4図です．普通はRp 1＝Rp 2，Ra＝Rb，Rg 1＝Rg 2とします．入力einはV 1で増幅されてe 01として出力されます．またその信号電圧はRaを介してV 2のグリッドに入り位相反転されてe_{02}として出力されます．e_{02}はRbを介してV 2のグリッドに戻されます．

これはPG帰還となっており，Ra＝RbでV 2の増幅度が無限大であればe 01＝e 02となります．しかし増幅度は有限ですからe 01>e 02となります．Ra<Rbとすれば$e_{01}=e_{02}$となりますが，本機の定数でe_{01}とe_{02}の偏差は5%以下でしたのであえてRa<Rbとはしませんでした．

V 2にはRbによりPG帰還がかかっており，増幅度はRa及びRbで決まります．オートバランス型では通常Ra＝Rbとし増幅度を



負帰還量を 12dB(F=4)とするには帰還抵抗 R_{NF} を次のようにする。

$$R_{NF}=R_f\left(\frac{Ao}{F-1}-1\right)=100\left(\frac{106}{4-1}-1\right)=3{,}433\,\Omega$$

これを 3.9kΩとすると負帰還量 F は次のようになる。

$$F=1+Ao\frac{R_f}{R_f+R_{NF}}=1+106\frac{100}{100+3900}=3.65(11.25\mathrm{dB})$$

負帰還をかけた後の増幅度 A_{NF} は次のようになる。

$$A_{NF}=\frac{Ao}{F}=\frac{106}{3.65}=29\text{ 倍}$$

〈第5図〉負帰還と増幅度

約1とします．本来の増幅度のすべてが負帰還となるので，この部分の特性は優れたものとなります．

そんなことで e_{01} は V 2 により特性の劣化が僅少のまま位相が反転され e_{02} として出力されます．それでも，この部分の高域特性の劣化をなるべく少なくするため Ra 及び Rb としてはあまり高い抵抗は使わないほうが得策です．しかし，あまり低くすると V 1，V 2 の負荷が重くなって好ましくありません．

オートバランス型は電源に対して上下の球が対称ですから，電源に含まれるノイズによる影響が少ないという特長があります．V 1, V 2 に流れる信号電流は等振幅で逆位相ですから，電源から流れ込む電流ほとんど変化はなく，電源電圧が信号で変動するということもありません．

前述したように，出力段はなんの変哲もない 5 極管接続です．この動作条件は**第 2 表**の動作例を参照しました．Eb＝250 V/RL＝8 kΩの時は出力 10 W，Eb＝300 V/RL＝9 kΩの時は出力 14.3 W 得られます．今回は使用する出力トランスの定格が 10 W で，また 1 次インピーダンスが 8 kΩのものがあるということから，Eb＝250 V/RL＝8 kΩの動作としました．

「Electronic Universal Vade-Mecum」より

動作	A1・S		AB・PP	
Eb [V]	250	250	250	300
Ec2 [V]	250	250	250	300
Ec1 [V]	-8.1	-7	—	—
Rk [Ω]	270	170	180×2	290×2
RL [Ω]	10k	7k	8k	9k
Eg1 [V]	2.7	3.2	5.1	8.7
Ibo [mA]	26	36	70	62
Ibsig [mA]	—	—	75.6	74
Ic2o [mA]	4.4	6	11.2	10
Ic2sig [mA]	—	—	18	21.2
Po [W]	2.8	4	10	14.3
KF [%]	10	10	4.5	5

〈第2表〉ECL 86/6 GW 8 出力部動作例

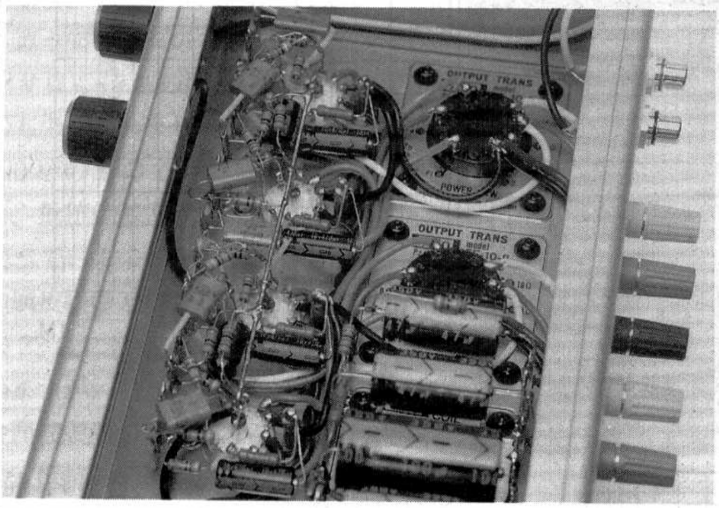
負帰還は 11.3 dB とした

負帰還量は必要最小限にします．負帰還量が多くなるほど安定度を確保するのが難しくなります．音が良くなると言うのなら別ですが，電気特性のみを良くするために負帰還をかけるのは本末転倒です．

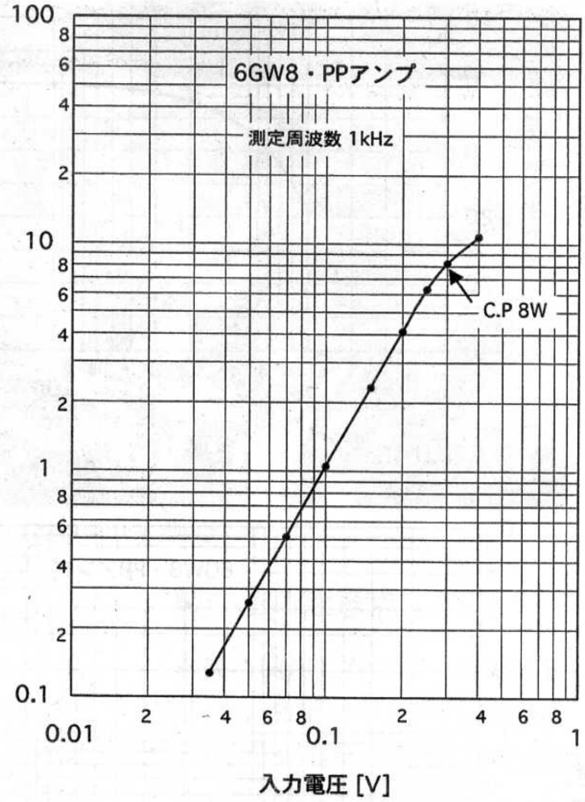
本機はカソード NF や UL 接続のような局部帰還をかけてありませんので，メジャーループの NFB 量は少量というわけにはいきません．**第 5 図**に示すように無帰還時には電圧増幅段の増幅度が 68 倍，出力段のそれが 1.56 倍で，トータルの増幅度が 106 倍となりました．本機では 11.3 dB の負帰還量をかけたので，入力から OPT 2 次 8 Ω端子までの増幅度は 29 倍となりました．この負帰還量は主としてダンピングの面から決めました．

使用部品

6 GW 8 は電圧増幅管と出力管を 1 本の球に封入した 9 P・MT 管です．そのため 1 本でシングルアンプが作れ，アンプを小形化するには最適です．しかもグレードは 6 BM 8 より 1 ランク上になっています．本機に使ったものは AEG というブラ



●電源部方向から内部を見る



〈第10図〉入出力特性

のは，それ以上の周波数でピーク・ディップがあると思ったほうが間違いありません．低域のレスポンスは入力部の 0.033 μF と 270 kΩ で決まります．過大な超低音が入力された時，出力トランスが磁気飽和しないようにあえて低域を制限したわけです．

第8図が雑音ひずみ率特性で，1 W/1 kHz が 0.14%となっています．90 Hz，10 kHz も 1 kHz とそれほど違ってはいません．この程度であれば音に対する悪影響はないでしょう．残留ノイズは 0.3 mV で，スピーカに耳を近づけてもノイズはほとんど聞こえません．

第9図はダンピング・ファクタ特性で，50 Hz〜40 kHz の範囲が 3.3 一定です．とりたててダンピングが良いと言える値ではありませんが，ダンピング不足となる値でもありません．ダンピングファクタが高ければ良いかというと，一概にそうとは言えずスピーカによっては制動が利きすぎて，低音不足となることもあります．

第10図が 1 kHz での入出力特性です．入力 0.29 V でノンクリップ最大出力が 8 W となり，かなり高感度です．入力 0.4 V で出力 10.7 W に達していますが，この時点ではひずみ率はかなり高くなつています．

終わりに

本機には，真空管をはじめトランスや部品に高価なものは使っていません．だからといって設計・製作に手を抜くということはしておりません．逆に万全の注意が必要となります．銘球や優れたトランスおよび部品を使ったアンプは，特別なことをせずサラッと作っただけでもある程度の音がします．それが銘品の銘品たる所以でしょう．前述したように，本機は一度回路を変えて作り直しています．そのおかげで，コスト・パフォーマンスの高いアンプになつたと思っています．

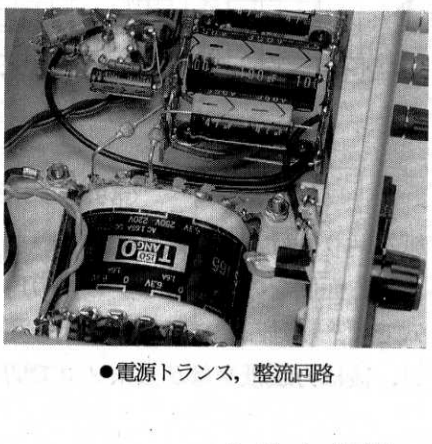
本機は，抜けが良く高域の切れ込みも優れています．低域は立ち上がりが早く鈍重さはありません．スピーカによっては低音の重厚さが不足することもあるでしょう．これは出力トランスが小形のこともありますし，使用した出力管の個性もあるでしょう．しかし，製作費を考慮すると大変満足のいくアンプに仕上がったと思っています．小形で可愛いアンプになっていますので，仕事や勉強のバックグラウンド用とか夜中に小音量で聴くベッドサイド・アンプとしてもお勧めです．

◆使用機器

CD プレーヤ：パイオニア DV-S 747 A
プリアンプ：自作
SP：パイオニア PE-16

◆試聴 CD

寺井尚子/プリンセス T
稲本響/ハンガリアン・ラプソディ
ケイコ・リー/愛の奇跡
ムター/ヴァイオリン名曲集
etc



●電源トランス，整流回路